

ANALISIS KINERJA *LIGHT DETECTING AND RANGING (LIDAR)* UNTUK DETEKSI OBJEK MENGGUNAKAN METODE JARAK *EUCLIDEAN*

PERFORMANCE ANALYSIS OF LIGHT DETECTING AND RANGING (LIDAR) FOR OBJECT DETECTION USING EUCLIDEAN DISTANCE METHOD

Giovano Andara¹, Dharu Arseno², Nasrullah Armi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹giovanoandara@student.telkomuniversity.ac.id, ²darseno@telkomuniversity.ac.id,

³arminasrullah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Saat ini, pekerjaan manusia dalam hal deteksi objek pada suatu ruangan membutuhkan ketelitian dan akurasi yang tinggi. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem deteksi objek yang terkini untuk mempermudah pekerjaan tersebut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *Light Detection and Ranging (LiDAR)*. LiDAR merupakan perangkat yang memiliki fungsi sebagai alat pemetaan dan deteksi objek dengan menangkap titik-titik x, y, dan z atau yang disebut kartesian. Pada tugas akhir ini dirancang sistem deteksi objek menggunakan *ground-based LiDAR*. Data yang digunakan adalah data dari *point cloud* yang dihasilkan dari *scanning YDLiDAR G4* dengan frekuensi 5 Hz dan 12 Hz. Data ini diambil di ruangan tertutup berukuran 5,76 x 4,95 m² dengan diletakkan dua objek dengan jarak berbeda. Penelitian ini menggunakan *Euclidean distance* yang berfungsi untuk mengukur jarak antar objek yang terdeteksi pada ruangan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis mengenai tingkat akurasi serta *error rate* yang menghasilkan output berupa peta ruangan dengan beberapa titik objek yang tervisualisasikan dalam 2 Dimensi (2D). Hasil perbedaan jarak pada frekuensi 5 Hz mendapat *error rate* sebesar 0,22 m dan pada frekuensi 12 Hz mendapatkan *error rate* sebesar 0,27 m. Hasil *error rate* sistem deteksi untuk frekuensi 5 Hz sebesar 7,45%. Sedangkan *error rate* pada frekuensi 12 Hz sebesar 6,95%.

Kata kunci : *LiDAR, Euclidean distance, point cloud.*

Abstract

Human work in way of mapping and detecting objects in a room requires high accuracy and must be precision. Therefore, a sophisticated and accurate object detection system is needed to simplify the job. One of the technologies that can be used is Light Detection and Ranging (LiDAR) sensor. LiDAR is a device that has function as a mapping tool and as an object detection tool by capturing the points x, y, and z or often known as the Cartesian coordinates. In this final project, an object detection system using ground-based LiDAR is designed. The data that is used are data from the point cloud, generated from scanning by YDLiDAR G4 with 5 Hz and 12 Hz frequency. This data was taken in a closed room with a size of 5,76 x 4,95 m² and then two objects placed at different distances. This Final Project uses Euclidean distance method which its function is to measure the distance between objects detected in the room. In this final project, an analysis was done about room mapping, the accuracy level, and the calculation of error rate which resulted the output of a map of the room with several object points that have been successfully detected and visualized in 2 Dimensions (2D). Furthermore, generated the comparison distance result at 5 Hz frequency get an error of 0,22 m and at 12 Hz frequency it reach error at 0,27 m. The result of the error rate system detection for 5 Hz frequency is 7,45%. While, the error rate at 12 Hz frequency is 6,95%.

Keywords: *Augmented Reality, Single Shot Multibox Detector, Object Detection, Marker.*

1. Pendahuluan

Sistem pemetaan dan pendeteksian banyaknya objek pada suatu ruangan biasanya dilakukan oleh petugas yang terjun langsung melakukan pengukuran secara manual ke dalam ruangan. Tugas ini tentunya cukup menguras tenaga dan membutuhkan ketelitian yang tinggi agar hasil deteksi maksimal. Maka dari itu, dibutuhkan teknologi yang canggih untuk membantu petugas dalam melakukan pemetaan dan pendeteksian beberapa objek pada suatu ruangan. Salah satu teknologi yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah *Light Detection and Ranging (LiDAR)*. LiDAR adalah teknologi penginderaan jarak jauh yang berguna untuk mengukur jarak atau mendapatkan informasi lain dari suatu titik dengan menembakkan cahaya pada objek menggunakan sinar *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)* dan mengukur pulsa yang dipantulkan dengan sensor [1]. Laser yang digunakan biasanya berupa sinar ultraviolet, cahaya tampak, atau *infrared*. Laser ini berfungsi untuk memetakan fitur fisik objek dengan resolusi tinggi.

Beberapa penelitian pemetaan dan pendeteksian objek menggunakan LiDAR telah dilakukan. Namun pada penelitian sebelumnya [2], deteksi objek yang dihasilkan mengalami kekurangan inheren yang berkaitan dengan jumlah data yang terdeteksi tidak tepat. Pada penelitian lainnya [3], sistem deteksi menimbulkan suatu kesulitan untuk mendapatkan hasil deteksi yang lengkap dan akurat. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sistem pemetaan dan pendeteksian objek dengan menggunakan sensor *ground-based* LiDAR yang mampu melakukan pengukuran ruangan dengan jarak ukur di atas 6 m dan berputar 360°. Penelitian ini menampilkan hasil peta ruangan dan jumlah objek yang terdeteksi dalam bentuk 2D. Metode yang diterapkan berupa *euclidean distance* yang berfungsi untuk mengukur jarak antar objek yang terdeteksi secara teoritis. Hasil jarak yang diperoleh kemudian dikaji dan dianalisis dengan hasil jarak deteksi secara aktual.

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 LiDAR

LiDAR adalah teknologi pendeteksi objek dengan menggunakan konsep pengindraan jarak jauh atau *remote sensing* sinar optis yang tersebar untuk mengukur jarak serta informasi lain dari suatu target dengan kerapatan dan akurasi tinggi [4]. Sistem LiDAR merupakan sistem yang didasarkan pada prinsip laser. Menurut Young (1986) berpendapat bahwa dengan adanya prinsip laser, cahaya optis yang sifatnya sangat terarah dapat diciptakan, hal ini menyebabkan adanya proses kolimasi atau kondisi dimana sinar elektromagnetik yang seri dapat meminimalkan divergensi dan ataupun konvergensi [5], berbeda dengan *Radio Detection and Ranging* (RADAR) yang konsep kerjanya didasarkan pada penembakan gelombang elektromagnetik. Sistem LiDAR terdiri dari empat komponen dasar, yaitu sensor LiDAR, *Global Positioning System* (GPS), *Inertia Measuring Unit* (IMU), serta kamera digital [6].

Prinsip kerja LiDAR pada umumnya merupakan sensor yang memancarkan berkas sinar laser pada sebuah target yang kemudian sinar tersebut dipantulkan dan dikembalikan kembali ke sensor. Berkas sinar yang telah kembali kemudian diolah oleh peralatan *detector*. Perubahan yang terjadi pada konfigurasi berkas cahaya yang diterima dari sebuah target ditetapkan sebagai sebuah karakter objek. Dengan mengaplikasikan arus listrik yang kuat, LiDAR menghasilkan energi radiasi berupa emisi cahaya yang kuat.

2.2 Point Cloud

Secara teknis *point cloud* adalah sekumpulan titik dalam sistem koordinat tiga dimensi (3D) yang dihasilkan oleh perangkat pemindai objek 3D yang terkumpul dalam *database*. Dalam setiap pengukuran diskritnya, *point cloud* membaca dalam sistem koordinat x, y, z atau kartesius [7]. Selain digunakan sebagai data hasil pemindai suatu objek, *point cloud* juga dapat dimanfaatkan ke dalam data-data lain seperti, pemetaan, pengukuran, simulasi, analisis, *virtual reality*, dan masih banyak lagi.

2.3 Deteksi Objek

Deteksi objek adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan keberadaan objek tertentu menggunakan beberapa teknik [8]. Tujuan dari deteksi adalah untuk memecahkan suatu masalah dengan berbagai cara tergantung metode yang diterapkan sehingga menghasilkan sebuah solusi. Pemanfaatan dari deteksi objek ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jumlah objek pada suatu ruangan, mendeteksi penyakit, mendeteksi ketinggian suatu benda, dan lain-lain. Beberapa teknik yang dapat digunakan sebagai sistem deteksi objek berdasarkan jenis data yang digunakan yaitu *image*, radar, dan sensor LiDAR [9].

2.4 Pemetaan 2 Dimensi

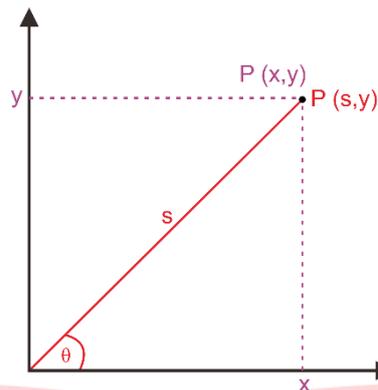
Pemetaan adalah proses pengukuran, perhitungan dan penggambaran suatu objek yang dipetakan sehingga didapatkan hasil berupa *softcopy* dan *hardcopy* [10]. Metode untuk mendapatkan bentuk peta dua dimensi pada sistem pemetaan ini dengan mempresentasikan nilai x dan nilai y ke dalam bidang kartesian menggunakan persamaan trigonometri sebagai pengolah data yang didapat dari sensor LiDAR. Hal tersebut dapat dijabarkan melalui persamaan [11].

$$\theta_{rad} = \theta_{deg} \times \frac{\pi}{180} \quad (2.1)$$

$$x = d \times \cos(\theta_{rad}) \quad (2.2)$$

$$y = d \times \sin(\theta_{rad}) \quad (2.3)$$

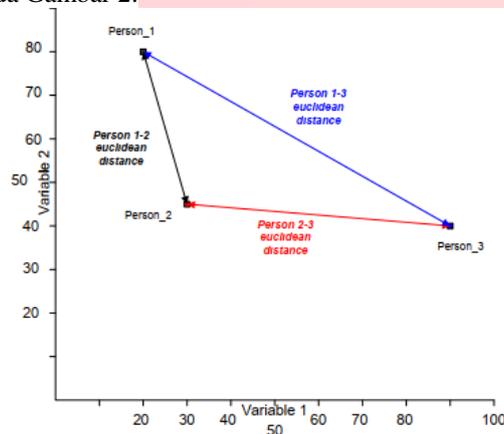
dimana θ_{deg} yaitu sudut yang dibaca LiDAR dalam satuan derajat, θ_{rad} merupakan konversi sudut yang dibaca LiDAR kedalam satuan radian untuk digunakan dalam perhitungan koordinat. Untuk x dan y merupakan koordinat kartesius yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan θ_{deg} maupun θ_{rad} dengan d yang merupakan adalah jarak pembacaan sensor pada LiDAR. Perhitungan untuk mendapatkan nilai x dan nilai y dalam bidang kartesian dapat diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi mendapatkan nilai x dan nilai y dengan bidang kartesian

2.5 Euclidean Distance

Euclidean distance merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik yang berbeda dengan menarik garis lurus yang ditarik di antara kedua titiknya [12]. Metode ini digunakan untuk mengukur jarak antar objek yang terdeteksi dalam suatu ruangan. Ilustrasi pengukuran jarak menggunakan *euclidean distance* dijabarkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi perhitungan jarak menggunakan metode euclidean distance

Hasil jarak yang diperoleh dari metode ini dapat digunakan sebagai kajian untuk membandingkan jarak secara teoritis dengan jarak sebenarnya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak menggunakan *euclidean distance* dijabarkan pada persamaan 2.7

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^p (V1i - V2i)^2} \quad (2.4)$$

Dimana d adalah jarak dari hasil perhitungan menggunakan *euclidean distance*, p adalah jumlah objek yang digunakan, dan v adalah nilai dari masing-masing objek.

2.6 Root Mean Square Error (RMSE)

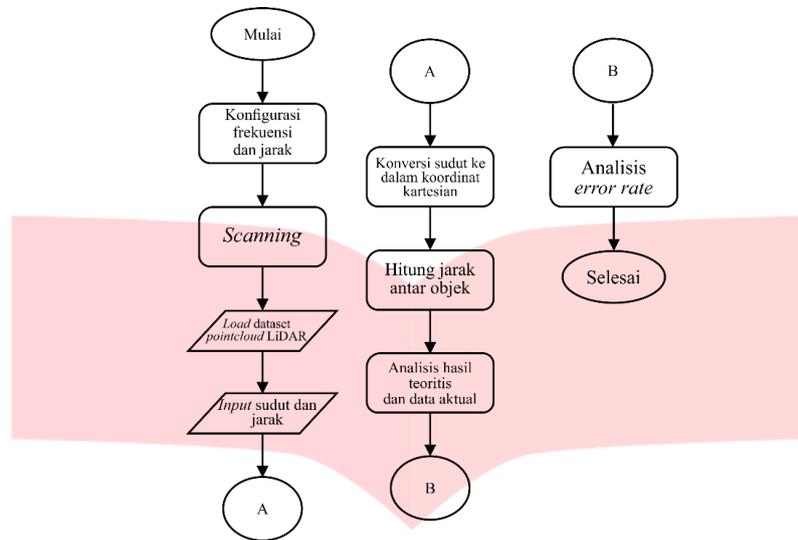
Root Mean Square Error (RMSE) adalah standar untuk mengukur kesalahan suatu model dalam memprediksi data kuantitatif [13]. Dalam data *science*, RMSE memiliki tujuan ganda yaitu sebagai heuristic untuk model pelatihan dan untuk mengevaluasi model telatih dalam hal akurasi [14]. Rumus untuk menghitung RMSE disajikan pada persamaan 2.8.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (R - R_1)^2}{n}} \quad (2.5)$$

dimana R adalah nilai yang dianggap benar atau nilai sebenarnya, R_1 adalah nilai hasil pengukuran, dan N adalah jumlah banyaknya data yang digunakan dalam penelitian.

2.7 Perancangan dan Konfigurasi Sistem

Dalam penelitian ini dibuat sistem pemetaan ruangan dan deteksi objek menggunakan metode *Euclidean distance* dan *Root Mean Square Error*. Alurkerja sistem dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir sistem penelitian

Konfigurasi yang digunakan pada tahap ini yaitu frekuensi dan jarak. Penelitian ini menggunakan frekuensi minimum 5 Hz dan frekuensi maksimum sebesar 7 Hz. Setelah melakukan konfigurasi frekuensi kemudian melakukan konfigurasi jarak yang digunakan antar dua objek. Penelitian ini dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan perpindahan jarak tertentu setiap percobaannya. Konfigurasi yang berbeda ini digunakan untuk membandingkan hasil deteksi objek pada masing-masing frekuensi dan mengkaji hasil perhitungan jarak secara actual dan teoritis. Rincian frekuensi dan jarak dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jarak antar objek setiap percobaan pada frekuensi 5 Hz dan 12 Hz

Percobaan	Frekuensi (Hz)	Jarak (m)
1	5	3
	12	3
2	5	2
	12	2
3	5	1,25
	12	1,25
4	5	0,5
	12	0,5
5	5	0,25
	12	0,25

2.8 Parameter Performansi

Penelitian ini menggunakan 3 parameter performansi, yaitu sudut, jarak, dan *error rate*. Parameter performansi digunakan untuk mengetahui titik-titik koordinat kartesian yang akan di plot menjadi ruangan dan deteksi objek serta mengetahui berapa besar *error* yang didapat antara objek yang di plot dengan objek secara actual. Masing-masing parameter dijabarkan sebagai berikut:

a. **Sudut**

Data sudut pada tugas akhir ini berupa sudut dalam satuan derajat yang merupakan hasil dari proses *scanning* LiDAR. Data sudut ini kemudian dikonversi ke dalam satuan radian untuk mendapatkan nilai x dan y dalam bentuk kartesian.

b. **Jarak**

Data jarak yang dihasilkan dari proses *scanning* LiDAR berupa jarak dalam satuan millimeter. Data jarak ini digunakan bersamaan dengan sudut dalam radian untuk proses perhitungan koordinat x dan y . Hasil dari konversi tersebut merupakan pemetaan ruangan dan deteksi objek.

c. **Error Rate**

Parameter *error rate* yang digunakan adalah menggunakan teori *Root Mean Square Error* (RMSE). Perhitungan RMSE ini berfungsi untuk menganalisis *performance* hasil dari pemetaan ruangan dan deteksi objek yang dilakukan oleh LiDAR.

3. Pembahasan

3.1. Skenario Pengujian Sistem

Skenario pengujian Tugas Akhir ini dilakukan di dalam ruangan tertutup dengan menggunakan perangkat 2D YDLiDAR G4 yang dihubungkan langsung dengan *notebook*, dimana fungsi dari *notebook* ini adalah sebagai perangkat dalam menampilkan titik-titik kartesian yang ditangkap oleh YDLiDAR G4 melalui *software* yang harus di *install* sebelumnya. Pengujian menggunakan YDLiDAR G4 ini memiliki batasan jarak yang hanya mampu menjangkau <16 m. Penelitian ini melakukan pengujian sistem dengan menggunakan dataset masing-masing konfigurasi. Skenario yang diujikan dijabarkan sebagai berikut:

a. **Skenario 1: Pemetaan ruangan dan deteksi objek**

Pada skenario ini, hasil dari *scanning* LiDAR pada masing-masing konfigurasi pada Tabel 1 disimpan sebagai dataset dalam bentuk file *.xlsx*. Hasil jarak dan sudut asli kemudian dikonversi ke dalam bentuk kartesian untuk mendapatkan nilai x dan y . Hasil dari konversi divisualisasikan secara 2D pada aplikasi Matlab. Hasil visualisasi tersebut merupakan pemetaan bentuk ruangan dengan deteksi banyaknya jumlah objek yang ada dalam ruangan tersebut.

b. **Skenario 2: Pengujian jarak antar objek menggunakan *euclidian distance*.**

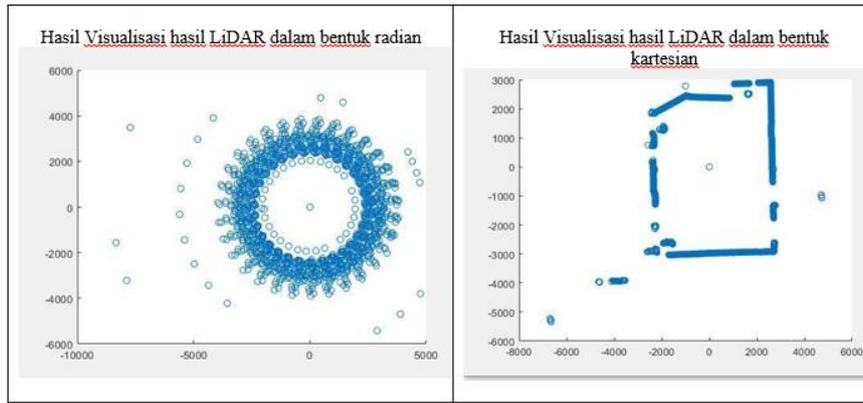
Skenario ini bertujuan untuk mengetahui jarak antar objek yang terdeteksi secara teoritis menggunakan teori *euclidian distance*. Hasil jarak yang diperoleh secara teoritis dikaji dibandingkan dengan jarak sebenarnya yang telah diukur sebelum penelitian. Skenario ini mengambil tiga *sample* titik koordinat dari objek yang terdeteksi untuk dikaji dengan jarak sebenarnya. Tiga titik koordinat tersebut yaitu koordinat minimal, koordinat tengah, dan koordinat maksimal pada objek yang telah terdeteksi oleh sistem. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan dan kesalahan yang diperoleh pada perhitungan jarak secara teoritis dengan jarak yang sebenarnya.

c. **Skenario 3: Pengujian terhadap parameter *error rate*.**

Skenario ini bertujuan untuk besarnya nilai kesalahan yang dilakukan oleh sistem. Besar kesalahan ini dihitung menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dimana menggunakan nilai perbedaan antara nilai sebenarnya dengan nilai hasil deteksi. Hasil nilai *error rate* ini digunakan sebagai acuan untuk performansi akurasi pada sistem.

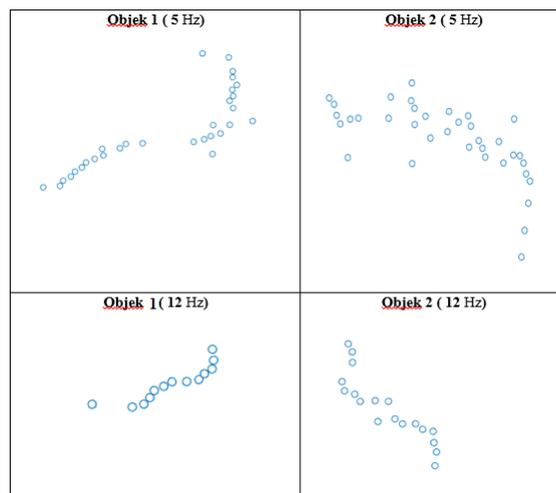
3.2 Pengujian dan analisis

Pada penelitian ini, penulis melakukan proses pemetaan dan deteksi objek menggunakan sensor LiDAR. Pada bagian ini menampilkan hasil dari pengujian pada setiap konfigurasi pada Tabel 1. Kemudian, dilakukan analisis perbandingan jarak antara jarak secara aktual dengan jarak secara teoritis menggunakan metode *euclidian distance*. Hasil masing-masing konfigurasi dikaji menggunakan teori *Root Mean Square Error* sebagai analisis performansi akurasi sistem. Berikut adalah hasil pemetaan dan deteksi objek pada sensor LiDAR yang telah divisualisasikan secara 2D pada Matlab.

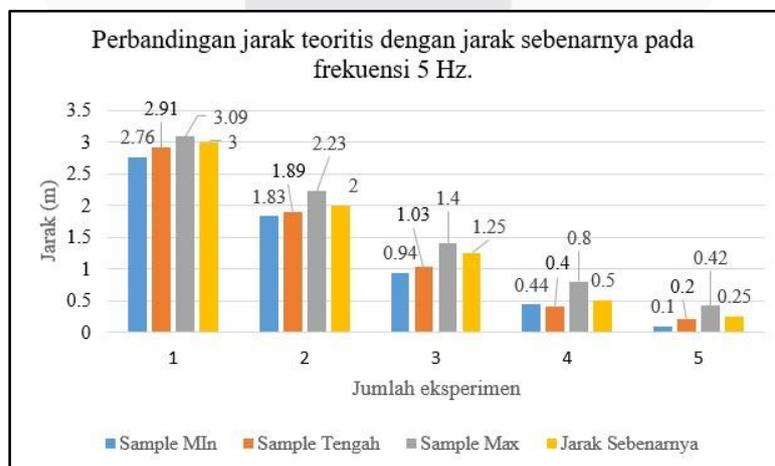


Gambar 4 Perbedaan hasil pemetaan dalam radian dan kartesian.

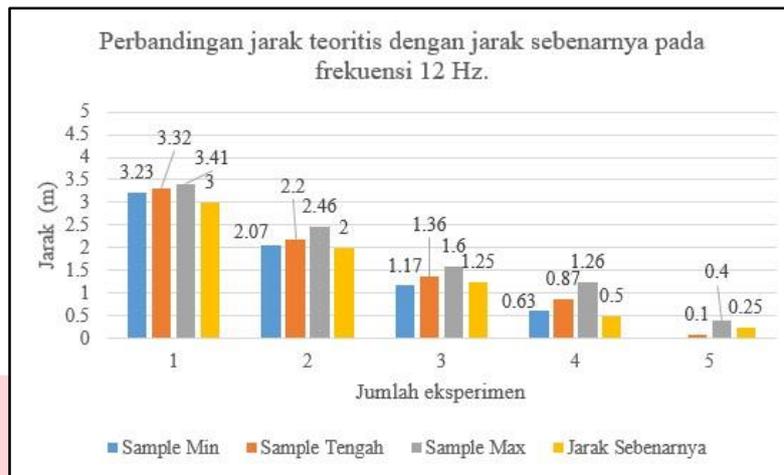
Gambar 4 merupakan hasil pemetaan dari sensor Lidar dalam satuan radian dan kartesian. Dapat dilihat bahwa Sebelum melakukan konversi ke dalam bentuk kartesian, sudut dalam satuan jarak diubah menjadi sudut dalam bentuk radian. Setelah itu, sistem melakukan konversi sudut (radian) dan jarak ke dalam bentuk kartesian untuk mendapatkan nilai x dan y. Hasil konversi tersebut membentuk sebuah peta ruangan dan deteksi objek yang berada dalam ruangan tersebut. Dalam *ploting* dataset yang berupa titik koordinat kartesian antara frekuensi 5 Hz dan 12 Hz terdapat perbedaan kerapatan dan jumlah titik koordinat, semakin besar frekuensi yang digunakan dalam proses *scanning* maka titik koordinat yang terdapat semakin rapat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan titik koordinat hasil deteksi dua objek pada frekuensi maksimum dan minimum



Gambar 6 Grafik perbandingan jarak teoritis dengan jarak sebenarnya pada frekuensi 5 Hz



Gambar 7 Grafik perbandingan jarak teoritis dengan jarak sebenarnya pada frekuensi 12 Hz

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan hasil perbandingan jarak teoritis dengan jarak aktual pada frekuensi 5 Hz dan 12 Hz. Jarak sebenarnya mengacu pada konfigurasi yang telah dijabarkan pada Tabel 1. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa perbandingan jarak aktual dengan perhitungan jarak dengan menggunakan *Euclidean distance* memiliki perbedaan yang relatif kecil. Rata-rata *error* yang didapat dari perbandingan jarak tersebut pada frekuensi 5 Hz hanya mencapai perbedaan sebesar 0,22 m. Sedangkan, pada frekuensi 12 Hz mendapatkan rata-rata *error* sebesar 0,27 m.

4. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, penulis dapat menyimpulkan bahwa pada skenario pengujian terhadap pemetaan dan deteksi objek dapat dilihat bahwa hasil rata-rata *error rate* pada frekuensi 5 Hz sebesar 7,45%. Sedangkan, hasil rata-rata *error rate* untuk frekuensi 12 Hz sebesar 6,95%. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan maka tingkat kesalahannya cenderung menurun. Hasil tersebut dikarenakan semakin besar frekuensi maka semakin sering sinar laser dipantulkan dan membentuk suatu titik deteksi yang lebih rapat. Besarnya kerapatan titik berbanding lurus dengan nilai akurasi. Semakin rapat titik yang diperoleh maka semakin tinggi akurasinya dan semakin rendah tingkat *error* yang dihasilkan oleh sistem.

Daftar Pustaka:

- [1] R. H. Sunu Wibirama, "Rekonstruksi dan Visualisasi Objek 3-D," *JNTETI*, vol. 1, no. 2, p. 2301 – 4156, 2012.
- [2] A. P. W. N. B. Aisah Hajar, "PEMANFAATAN LIDAR UNTUK EVALUASI KETINGGIAN," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 6, no. 4, pp. 361-370, 2017.
- [3] F. Bruno, S. Bruno, G. De Sensi, M.-L. Luchi, S. Mancuso, and M. Muzzupappa, "From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition," *Journal of Cultural Heritage*, vol. 11, pp. 42-49, 2010
- [4] Qian, X., & Ye, C. (2014). *NCC-RANSAC: A Fast Plane Extraction Method for 3-D Range Data Segmentation*. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 44(12), 2771–2783.
- [5] P. T. M. W. B. S.-O. a. M. F. Kevin Lim, "LiDAR remote sensing of forest structure," *Progress in Physical Geography* 27, pp. 88-106, 2003.
- [6] T. A. Hartini, "Handal Selaras," Handal Selaras Group, 4 November 2019. [Online]. Available: <https://www.handalselaras.com/>. [Accessed 14 September 2020].
- [7] B. S. B. D. Y. Alfin Nandaru, "STUDI REGISTRASI POINT CLOUD PADA PEMROSESAN DATA," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 3, no. 4, pp. 201-211, 2014.
- [8] S. H. M. H. P. David Nagataries, "Deteksi Objek pada Citra Digital menggunakan Algoritma Genetika untuk Studi Kasus Sel Sabit".
- [9] A. S. M. J. P. R. Ramin Sahba, "3D Object Detection Based on LiDAR Data," *IEEE*, 2019.
- [10] b. a. a. b. senanjung, "Sistem Pemetaan Ruang 2D Menggunakan Lidar," *Jurnal Integrasi*, vol. 9, no. 1, pp. 73-39, 2017.
- [11] M. A. Markom, A. H. Adom, E. S. M. M. Tan, S. A. A. Shukor, N. A. Rahim dan A. Y. M. Shakaff, "A Mapping Mobile Robot using RP Lidar Scanner," dalam 2015 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IEEE IRIS2015), Langkawi, Malaysia, 2015.

- [12] A. K. C. V. A. Rezky Rizaldi, "IMPLEMENTASI METODE EUCLIDEAN DISTANCE UNTUK REKOMENDASI," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 5, no. 2, pp. 129-138, 2018.
- [13] A. P. W. N. B. Aisah Hajar, "PEMANFAATAN LIDAR UNTUK EVALUASI KETINGGIAN," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 4, no. 6, 2017.
- [14] J. Moody, "Towards Data science," 6 September 2019. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/what-does-rmse-really-mean-806b65f2e48e>. [Accessed 22 September 2020].

